

0- 779885

На правах рукописи



СЕДОВ АРТУР НАИЛЕВИЧ

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
УСИЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СТЫКОВ В
КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЯХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ**

05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Казань – 2009

Работа выполнена на кафедре железобетонных и каменных конструкций ФГОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
член-корр. РААСН
Соколов Борис Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
советник РААСН
Ерышев Валерий Алексеевич

кандидат технических наук, доцент
Иванов Геннадий Павлович

Ведущая организация: ГУП «Татинвестгражданпроект»,
г. Казань

Защита состоится 29 декабря 2009 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.077.01 при Казанском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1, в ауд. 3-203 (зал заседания Ученого совета).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат диссертации размещен на официальном сайте университета: <http://www.kgasu.ru>

Автореферат разослан 27 ноября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
д.т.н., проф.



Л.А. Абдрахманова



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Реконструкцию крупнопанельных жилых зданий первых массовых серий можно рассматривать как одно из направлений в области строительства по реализации национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России».

Основными вариантами реконструкции являются надстройка дополнительных этажей, увеличение ширины здания за счет пристройки с перепланировкой, а также перепланировка помещений. Во всех перечисленных случаях создаются новые эксплуатационные условия, приводящие, как правило, к увеличению нагрузок на элементы зданий и, следовательно, на их стыки.

Характерными особенностями комбинированных стыков являются их большая разновидность, наличие двух опорных участков стыкуемых конструкций – контактной и платформенной, максимум пяти растворных швов и др. Из перечисленного следует, что изменение качественно и количественно каждого из элементов стыка приводит к перераспределению усилий между ними и созданию непроектной ситуации. Поэтому при оценке несущей способности зданий может возникнуть необходимость проведения работ по усилению, т.к. стыки являются наиболее ответственными за конструкционную безопасность и эксплуатационную пригодность не только отдельных конструкций, но и здания в целом, и изучение этого вопроса является **актуальным**.

Анализ литературы для проектирования таких стыков и результатов их исследований позволил сформулировать основную **цель работы**, заключающуюся в разработке эффективных конструктивно-технологических решений усиления комбинированных стыков, позволяющих восстановить или увеличить их несущую способность.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ конструкций комбинированных стыков, существующих методик расчета, результатов их исследований, вариантов усиления;
- предложить варианты усиления, позволяющие регулировать несущую способность стыка для всех возможных случаев разрушения;

- по результатам численных исследований установить характер изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) от таких факторов, как толщина верхнего растворного шва и поворот плиты перекрытия; показан механизм разрушения и зоны размещения элементов усиления стыка;
- провести экспериментальные исследования для получения данных о характере влияния элементов усиления на НДС стыка;
- разработать методику расчета параметров элементов усиления, основанную на теории сопротивления анизотропных материалов сжатию;
- предложить конструктивно-технологические рекомендации для усиления комбинированных стыков;
- для практического использования предложенных методик расчета разработать автоматизированный программный комплекс «КомСтык», позволяющий выполнять оценку прочности и расчет усиления комбинированных стыков в крупнопанельных зданиях.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- впервые разработан новый подход для расчета усиления комбинированных стыков на основе теории сопротивления анизотропных материалов сжатию, **позволяющий регулировать их несущую способность** в зависимости от величины действующих усилий;
- численно и экспериментально получены новые данные о НДС, прочности и податливости при усилении платформенной и контактной частей комбинированных стыков;
- получены аналитические выражения для параметров, входящих в условие прочности комбинированного стыка.

Практическая значимость работы:

- предложены новые теоретически обоснованные решения усиления стыков, позволяющие проводить усиление в эксплуатируемых зданиях;
- даны рекомендации по расчету элементов усиления и особенности технологии производства работ для разработки проектов реконструкции, позволяющих увеличить этажность и площадь крупнопанельных зданий;
- разработан автоматизированный программный комплекс «КомСтык» для оценки прочности и расчета параметров

элементов усиления в зависимости от величины действующих нагрузок.

Результаты работы **внедрены** в учебный процесс при подготовке бакалавров, магистров и специалистов по направлениям 270100, 270102. Методика расчета элементов усиления комбинированных стыков в крупнопанельных зданиях **принята для использования** в реальном проектировании.

Автор защищает:

- новую методику расчета усиления комбинированных стыков, реализованную в виде программного комплекса «КомСтык»;
- способы усиления стыков и рекомендации по их применению;
- результаты численных и экспериментальных исследований НДС стыков с усилением зон отрыва, сдвига и раздавливания;
- конструктивно-технологические рекомендации по усилению комбинированных стыков в крупнопанельных зданиях при реконструкции.

Анализ результатов работы показал удовлетворительную сходимость опытных данных с теоретическими исследованиями, что подтверждает эффективность предлагаемых способов усиления и **достоверность** подхода к оценке прочности стыков.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на ежегодных конференциях КГАСУ 2006 – 2009 г., на конференции «НАСКР 2007» г. Чебоксары, на симпозиуме «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений» г. Пермь 2008 г., на Всероссийской научно-практической конференции «Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья» г. Тольятти, 2009 г.

Публикации. Основное содержание результатов работы опубликовано в 8 статьях, в том числе 3 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, общих выводов, заключения, списка использованных источников, трёх приложений. Общий объем работы составляет 189 страниц, в том числе 27 таблиц и 80 рисунков. Список литературы включает 94 наименования.

Автор благодарен за советы и поддержку коллективу кафедры, научному руководителю д.т.н., проф. Соколову Б.С., к.т.н., доц. Никитину Г.П., к.т.н., доц. Павлову В.В.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность, научная новизна и практическая значимость исследуемых вопросов, кратко изложена структура диссертации.

В первой главе рассмотрена общая характеристика и конструктивные особенности горизонтальных комбинированных стыков крупнопанельных зданий. Изучены работы отечественных и зарубежных ученых Лишака В.И., Камейко В.А., Драгилева И.И., Цимблера В.Г., Горачека Е., Пуме Д. и др. Их работы были направлены на исследование прочности и жесткости стыковых соединений панельных конструкций. По результатам их исследований были разработаны методы расчета прочности и деформативности горизонтальных стыков, что отражено в нормативной литературе по проектированию: «ВСН 32-77» и «Пособие к СНиП 2.08.01-85». Основным недостатком предложенного подхода является использование в расчетных выражениях только прочности бетона на сжатие, и ряда эмпирических коэффициентов, учитывающих тип соединения, неравномерное заполнение растворных швов, эксцентриситет действия нагрузки, что не отражает физическую сущность работы стыка.

Обобщены существующие варианты ремонта и усиления горизонтальных стыков, предложенные Виленским С.Б., Якубом О.Ю., Михайликом Ю.Н. Барковым Ю.В., Сендеровым Б.В., Вавуло Н.М.; Э. П. Александряном; Шапиро Г.И., Вишняковым Ю.В., большинство из которых приведено в трудах Мальганова А.И., Плевкова В.С., Полищука А.И.. Предлагаемые способы не имеют теоретической основы и не позволяют регулировать степень усиления в тех зонах, которые потеряли или существенно снизили несущую способность. Для многих из них отсутствует методика расчета и данные о характере влияния элементов усиления на напряженно-деформированное состояние стыков. Учитывая это, в работах Никитина Г.П., Гарнышева Р.Г., Мустафина И.И. предложена методика расчета различных стыков, в том числе и комбинированных, основанная на теории сопротивления анизотропных материалов сжатию, разработанной проф. Соколовым Б.С. Её отличительной особенностью является то, что она учитывает работу бетона в сжимающем силовом потоке не только в зоне сжатия, но и в зонах

отрыва и сдвига, отражает физическую сущность работы стыков и позволяет оценить все возможные схемы их разрушения в сжимающем силовом потоке. Поэтому эта теория и принята за основу при разработке методики расчета усиления стыков.

По результатам изучения состояния вопроса сформулирована цель и задачи исследований.

Во второй главе представлены теоретические основы методики расчета усиления комбинированных стыков в крупнопанельных зданиях.

Комбинированные стыки имеют контактную и платформенную зоны, по которым может произойти разрушение. Общим в их работе является то, что они воспринимают сжимающую нагрузку и их напряженно-деформированное состояние близко к описанному в теории сопротивления анизотропных материалов сжатию. Расчетная схема комбинированного стыка в соответствии с основными предпосылками этой теории представлена на рис. 1, а.

Условие прочности при сжатии записывается в следующем виде:

$$N \leq (N_{bt} \cos \alpha + 2N_{sh}) / \sin \alpha + N_{ef}. \quad (1)$$

Результаты вычисления несущей способности стыков по условию (1) могут выявить наиболее уязвимые места стыка, в которых не обеспечивается конструкционная безопасность, и назначить способы их усиления.

Из выражения (1) видно, что разрушение может происходить по трем расчетным зонам: отрыва (раскалывание верхней и нижней стеновых панелей, рис. 1, б), сдвига по плоскостям скольжения (откол платформенной части нижней стеновой панели, рис. 1, в) и раздавливания бетона в ядре сжатия (рис. 1, в). Так как в сопротивлении разрушению они участвуют совместно, то увеличивая несущую способность одной из них, получаем возможность регулировать усиление комбинированного стыка в зависимости от действующих нагрузок, прочности материалов и выявленных дефектов.

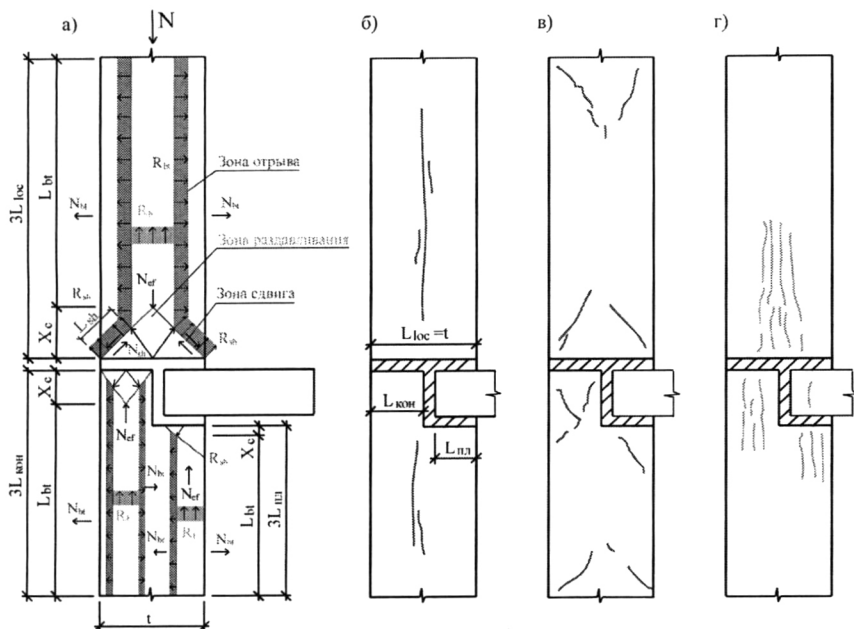


Рис. 1. а – расчетная схема комбинированного стыка; б - разрушение стыка в зоне отрыва; в – разрушение в зоне, откол платформенной части нижней стеновой панели; г – раздавливание бетона в ядре сжатия

Усиление при разрушении по зоне отрыва (первое слагаемое условия (1)) следует производить обжатием. Тогда расчетное сопротивление отрыву бетона стеновой панели при обжатии будет равно:

$$R_{bt}^* = R_{bt} + \sigma_0, \quad (2)$$

где σ_0 - напряжение в стеновой панели при обжатии.

По проведенным теоретическим и численным исследованиям для создания равномерного обжатия в пределах зоны отрыва расстояние между напрягаемыми стержнями l_{sp} определяется по формуле:

$$l_{sp} = t - a_{ef} + b_n, \quad (3)$$

где $a_{ef} = L_{loc} \sin^2 \alpha$ - размер ядра сжатия в контактно-платформенной части;

b_n - сторона квадратной пластины;

α - угол наклона граней клиньев в зонах сдвига.

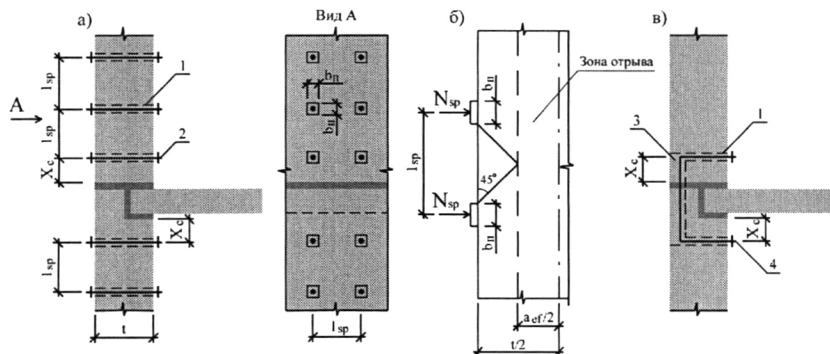


Рис. 2. Усиление зоны отрыва

а - обжатие с помощью стержней; б - к определению расстояния между стержнями l_{sp} ; в - установка напрягаемых хомутов

1 - отверстие; 2 - тяж; 3 - штраба; 4 - хомут

Усиление зоны сдвига (второе слагаемое условия (1)) рекомендуется производить несколькими способами:

- обжатие зоны сдвига стеновой панели;
- установка горизонтальных стержней в пределах высоты клина X_t пересекающих зону сдвига и выполняющих роль косвенного армирования;
- увеличение ширины площадки передачи нагрузки L_{loc} с помощью крепления стальных уголков, бетонного пояса или увеличение ширины стен за счет наращивания монолитным бетоном с одной или двух сторон стеновой панели.

При размещении напрягаемых стержней в зоне отрыва с помощью обжатия увеличивается не только R_{bt} , но и R_{sh} - прочность бетона стеновой панели на сдвиг. При равномерном обжатии зоны сдвига напряжением σ_0 прочность бетона сдвигу определяется по формуле:

$$R_{sh}^* = R_{sh} + K\sigma_0, \quad (4)$$

где K - коэффициент пропорциональности, принимаемый равным 0,5.

Кроме того, если обжатие производится с помощью стальных стержней, и они пересекают плоскость сдвига, то стержни также включаются в работу - возникает так называемый «нагельный эффект». Для его оценки в работах Соколова Б.С. предложена упрощенная схема работы арматуры в плоскости сдвига, в соответствии с которой усилие сдвига, воспринимаемое арматурой, можно вычислить по формуле Журавского:

$$Q = J_{red} dR_s \sin(\alpha / 2) / S_{red}, \quad (5)$$

где J_{red} , S_{red} - приведенные геометрические характеристики пакета арматуры или отдельных стержней.

Увеличение ширины площадки опирания плиты перекрытия также направлено на усиление зоны сдвига платформенной части нижней стеновой панели. Конструктивно данный способ усиления можно выполнять с помощью крепления уголков под плитой перекрытия, устройство железобетонных поясов, увеличения толщины стен наращиванием.

При этом ширина площадки опирания плиты в расчетных выражениях при определении усилия сдвига увеличивается на ширину полки уголка (пояса) и принимается равной $(L_{loc} + \Delta L_{loc})$.

Для случая, когда элемент усиления располагается с двух сторон плиты перекрытия, через платформенную часть будет передаваться нагрузка и от верхней стеновой панели, причем элемент усиления

включается в работу не полностью, а шириной $\Delta L_{loc} = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha}$, $\Delta L_{loc} \leq b$,

где h и b - высота и ширина элемента усиления соответственно.

Для усиления сопротивления бетона стеновой панели раздавливанию (третье слагаемое условия (1)) используются следующие варианты:

- обжатие стеновой панели в зоне двухосного сжатия;
- установка напрягаемых хомутов (усиление контактной части);
- устройство вертикальных стержней-распорок, располагаемых в теле бетона панелей (рис. 3, в), или полимерармированной шпонки.

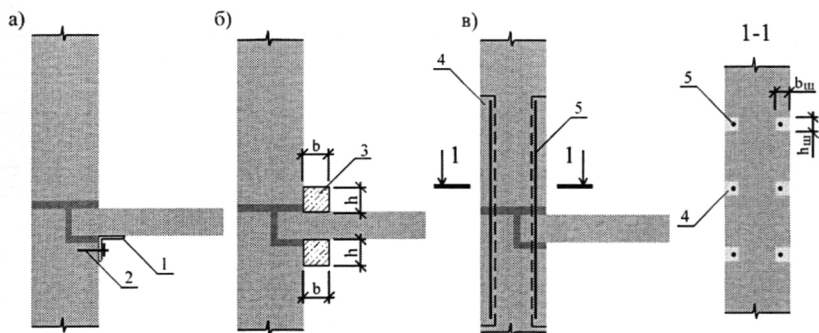


Рис. 3. Усиление зоны сдвига и раздавливания

- а - крепление стального уголка; б – устройство железобетонного пояса; в - установка вертикальных стержней-распорок
 1 - стальной уголок; 2 - анкер; 3 - железобетонный пояс; 4 - штраба, заделанная ремонтным составом или полимерраствором; 5 - вертикальная арматура

При установке вертикальных стержней часть усилий в стеновой панели будет перераспределяться на них, и несущая способность комбинированного стыка N_{ult} будет складываться из несущей способности комбинированного стыка без усиления N и несущей способности арматуры шпонок N_{ult}^s .

$$N_{ult} = N + N_{ult}^s. \quad (6)$$

Так как усиление выполняется, когда стык элементов уже находится под нагрузкой, то суммарная несущая способность стыка будет зависеть от степени включения вертикальной дополнительной арматуры в работу, т.е. от величины распора в шпонках. Поэтому рационально выровнять усилие в вертикальной арматуре N_s с усилиями в стеновой панели N_b :

$$N_s = N_b = N_1/2, \quad (7)$$

где N_1 - усилие в стеновой панели до усиления.

Третья глава посвящена компьютерному моделированию НДС комбинированных стыков с различными вариантами усиления.

Целью моделирования ставилось изучение характера и степени влияния различных вариантов усиления на НДС комбинированных

стыков, на их несущую способность и на последовательность их разрушения.

Для реализации поставленной цели решены следующие задачи:

- выбран программный комплекс для реализации численных исследований;
- разработана конечно-элементная модель комбинированного стыка;
- определен характер и степень влияния различных вариантов усиления на НДС стыка;
- выявлена последовательность образования трещин и разрушения комбинированных стыков;
- определены зоны оптимального размещения элементов усиления с учетом различных дефектов, влияющих на НДС стыка.

В программу исследований включены такие варианты усиления, как увеличение ширины платформенной части под плитой перекрытия, увеличение ширины платформенной части снизу и сверху плиты перекрытия, обжатие с помощью металлических стержней, установка напрягаемого хомута, устройство полимерармированной шпонки, устройство шпонки – распорки. Информационная схема численного эксперимента показана на рис. 4.

Для реализации программы численных исследований в качестве основного выбран программный комплекс «Лира», отвечающий всем требованиям работы на данном этапе.

В процессе исследований были рассмотрены модели, состоящие как из плоских, так и объемных конечных элементов с использованием линейных и нелинейных характеристик материалов. В качестве критерия прочности и образования трещин в бетоне использовался закон деформирования чл. корр. РААСН, проф. Гениева Г.А, для стальных элементов использовалась экспоненциальная зависимость между напряжениями и деформациями. По характеру НДС стыков отмечена правомерность применения теории сопротивления анизотропных материалов сжатию к расчету стыков с различными вариантами усиления.

По результатам численных исследований для комбинированных стыков без усиления получены зависимости угла наклона граней сдвига от различных параметров: толщины растворных швов, поворота плиты перекрытия, смещения стеновых панелей.

Определены возможные схемы разрушения и последовательность образования трещин (рис. 5), выявлены зоны размещения элементов усиления, в том числе и для стыков с различными дефектами.

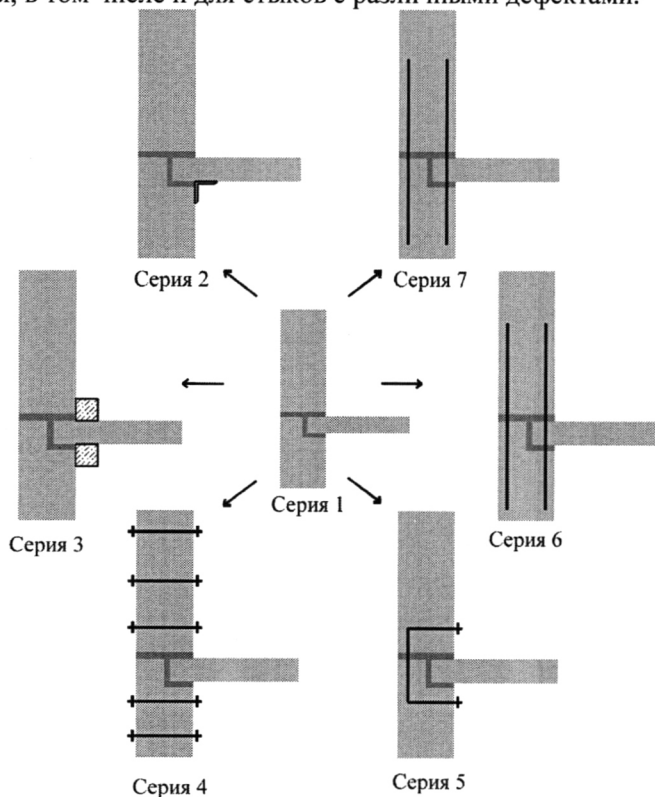


Рис. 4. Информационная схема численных исследований

Из рис. 5 видно, что образование трещин началось при нагрузке $0,4P_{ult}$ в зоне отрыва верхней и нижней стеновых панелей, при нагрузке $0,8P_{ult}$ появляются трещины в зонах сдвига платформенной части. Разрушение стыка произошло от раскалывания верхней и нижней стеновой панели, откола платформенной части и раздавливания бетона в ядре сжатия контактной части. Такой характер разрушения полностью подтверждает теоретическую модель работы стыка.

$$P = 0,4P_{ult}$$

$$P = 0,6P_{ult}$$

$$P = 0,8P_{ult}$$

$$P = P_{ult}$$

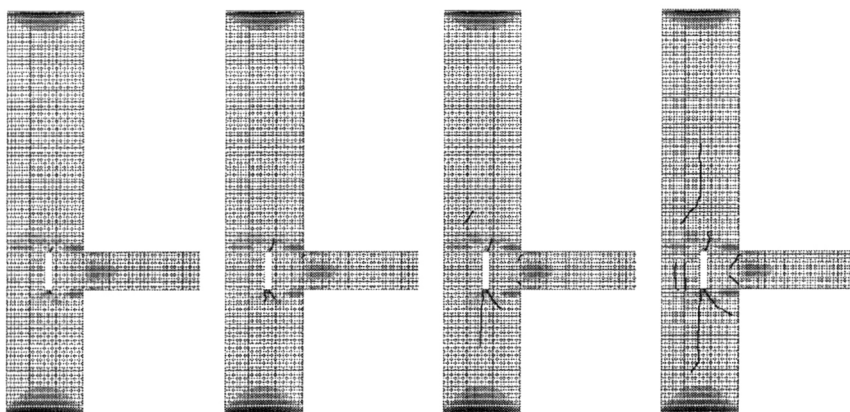


Рис.5. Последовательность развития трещин

Для усиленных комбинированных стыков выявлен характер и степень влияния элементов усиления на их НДС, определены геометрические параметры модели разрушения.

Проведенные численные исследования позволили разработать рациональную программу экспериментальных исследований, с учетом ранжирования выбрать наиболее значимые факторы и определить параметры вариантов усиления, отражающих НДС стыков, вычислить размеры опытных образцов, определить предполагаемые результаты эксперимента.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям образцов комбинированных стыков. Работа была разделена на два этапа:

- исследование работы комбинированных стыков без усиления;
- исследование комбинированных стыков с различными вариантами усиления.

Учитывая результаты численных исследований, разработана информационная схема экспериментальных исследований комбинированных стыков рис. 6, включающая в себя базовый (проектный) образец (серия 1), варианты усиления зоны отрыва (серия 2), варианты усиления зоны сдвига (серия 3), варианты усиления зоны раздавливания (серия 4).

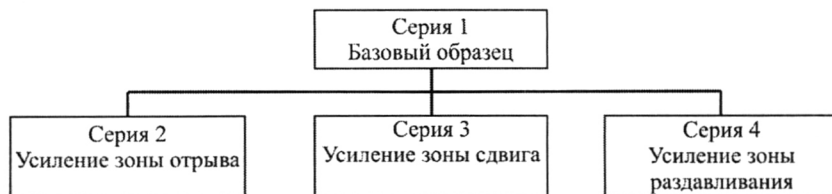


Рис. 6. Информационная схема экспериментальных исследований

В серии 1 также рассматривалось влияние дефектов (изменение толщины растворных швов, смещения верхней стеновой панели, поворот плиты перекрытия, изменение ширины площадки опирания плиты перекрытия) на несущую способность стыка, его деформативность и характер разрушения.

Для проведения экспериментальных исследований изготовлены опытные образцы комбинированных стыков по геометрическому и физическому подобию к натурным стеновым панелям в количестве 24 штук.

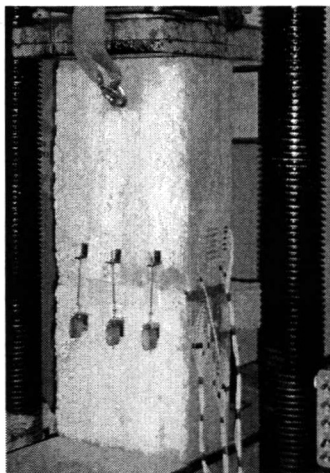
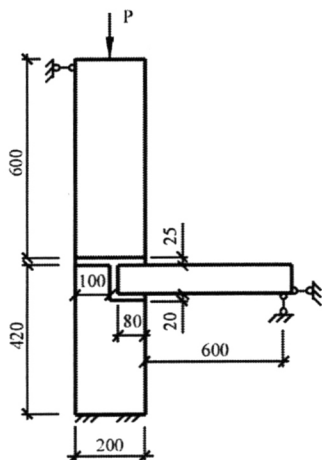


Рис. 7. Схема приложения нагрузки и образец, смонтированный на прессе ИПС-200 (показаны размеры базового образца)

Испытания проводились на гидравлическом прессе ИПС-200. Схема приложения нагрузки и образец, смонтированный на прессе, показаны на рис. 7.

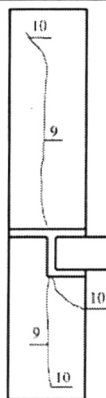
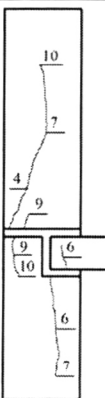
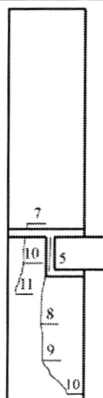
При исследованиях базовых образцов без усиления были рассмотрены такие факторы, как соотношения толщин верхнего и нижнего растворяемых швов, ширина площадки опирания плиты перекрытия, эксцентриситет приложения нагрузки, поворот плиты перекрытия. По результатам исследований установлено влияние каждого фактора на несущую способность и схему разрушения стыка.

Контролируемыми параметрами при проведении испытаний являлись характер и последовательность развития трещин, разрушающая нагрузка, напряжения в элементах усиления, угол наклона плоскостей сдвига, деформации растворяемых швов, отклонение стеновых панелей от первоначального положения.

По результатам испытаний установлены наиболее общие схемы разрушения табл.1, которые полностью подтверждают теоретически возможные, показанные на рис.1.

Таблица 1

Схемы разрушения комбинированных стыков

Схема 1	Схема 2	Схема 3																																
 <table><tr><th>№ этапа</th><th>Нагр.-ка, кН</th></tr><tr><td>9</td><td>132</td></tr><tr><td>10</td><td>142</td></tr></table>	№ этапа	Нагр.-ка, кН	9	132	10	142	 <table><tr><th>№ этапа</th><th>Нагр.-ка, кН</th></tr><tr><td>4</td><td>60</td></tr><tr><td>6</td><td>84</td></tr><tr><td>7</td><td>88</td></tr><tr><td>9</td><td>125</td></tr><tr><td>10</td><td>130</td></tr></table>	№ этапа	Нагр.-ка, кН	4	60	6	84	7	88	9	125	10	130	 <table><tr><th>№ этапа</th><th>Нагр.-ка, кН</th></tr><tr><td>5</td><td>70</td></tr><tr><td>7</td><td>90</td></tr><tr><td>8</td><td>100</td></tr><tr><td>9</td><td>110</td></tr><tr><td>10</td><td>120</td></tr><tr><td>11</td><td>130</td></tr></table>	№ этапа	Нагр.-ка, кН	5	70	7	90	8	100	9	110	10	120	11	130
№ этапа	Нагр.-ка, кН																																	
9	132																																	
10	142																																	
№ этапа	Нагр.-ка, кН																																	
4	60																																	
6	84																																	
7	88																																	
9	125																																	
10	130																																	
№ этапа	Нагр.-ка, кН																																	
5	70																																	
7	90																																	
8	100																																	
9	110																																	
10	120																																	
11	130																																	

По результатам испытаний установлен характер влияния элементов усиления на НДС комбинированных стыков и степень увеличения их несущей способности. Также установлено, что варианты усиления, в которых элементы усиления пересекают растворяемый шов, в значительной степени влияют на их податливость.

В главе дано описание опытных образцов и способов их усиления, основными из которых являются обжатие с помощью напрягаемых

стержней и хомутов, увеличение ширины площадки опирания плиты перекрытия, установка вертикальных стержней.

Для усиления зоны отрыва применялось обжатие с помощью напрягаемых стержней $\varnothing 16$ мм, начальное усилие обжатия составляло 35 кН. Наличие напрягаемых стержней в сечении элемента позволило перевести области работы стыка из растяжения-сжатия в области двухосного сжатия, что позволило увеличить несущую способность стыка на 22%, при этом нагрузка образования первой трещины увеличилась на 30% по сравнению со стыком без усиления.

Установка напрягаемых хомутов позволила увеличить нагрузку трещинообразования на 33%, разрушающую нагрузку на 22%.

Для увеличения площадки опирания плиты перекрытия (усиление зоны сдвига в платформенной части нижней стеновой панели) использовался стальной уголок. По результатам испытаний нагрузка образования первой трещины увеличилась на 7% по сравнению с базовым образцом, несущая способность увеличилась на 13%. Разрушение стыков происходило от отрыва бетона нижней или верхней стеновых панелей.

Для усиления зоны раздавливания бетона в тело стеновых панелей были установлены вертикальные стержни $\varnothing 18$ мм для восприятия части сжимающих усилий. Для обеспечения их совместной работы с бетоном стеновых панелей они приклеены с помощью эпоксидного клея Sikadur® 330. Первая трещина в образце нижней стеновой панели появилась от отрыва контактной и платформенной части в конце 7-го этапа при нагрузке 1380 кН. Разрушение образца при нагрузке 2000 кН (максимально возможная для пресса ИПС-200) не произошло, проскальзывания арматуры в шпонках не отмечено.

В главе 5 по результатам теоретических, численных и экспериментальных исследований предложена методика расчета комбинированных стыков при усилении зоны отрыва, сдвига и раздавливания. Внесены дополнения для вычисления угла наклона граней сдвига, позволяющие оценить изменение несущей способности стыка:

- при изменении толщины верхнего растворного шва t_g для платформенной, контактной и контактно-платформенной частей:

$$\Delta\alpha = -0,66t_g + 18 \text{ для } t_g = 10 \div 50 \text{ мм}.$$

- При повороте плиты перекрытия на угол φ для платформенной части:

$$\Delta\alpha = -3,8 \ln \varphi - 0,2 \text{ для } \varphi = 0 \div 7^\circ,$$

для контактной и контактно-платформенной частей:

$$\Delta\alpha = 0,9\varphi^2 - 3,6\varphi \text{ для } \varphi = 0 \div 7^\circ.$$

В главе 6 даны рекомендации по расчету и примеры конструирования усиления комбинированных стыков. Для каждой схемы усиления составлена блок-схема и показан пример расчета.

На примере новых вариантов усиления комбинированных стыков (установка напрягаемых хомутов и вертикальных стержней распорок) показаны особенности технологии производства работ.

Для удобства практического применения предлагаемой методики разработан программный комплекс на языке MS Visual Basic 2008, позволяющий проверить прочность комбинированного стыка, выбрать способ усиления, определить характер изменения несущей способности при различных вариантах усиления.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. При реконструкции крупнопанельных зданий требуется оценка несущей способности стыков и проведения работ по их усилению т.к. они являются наиболее ответственными за конструкционную безопасность и эксплуатационную пригодность не только отдельных конструкций, но и здания в целом.
2. Проведен анализ существующих вариантов усиления комбинированных стыков и показано, что они не имеют теоретической основы и не позволяют регулировать степень усиления тех зон, которые потеряли или существенно снизили несущую способность.
3. Впервые разработана методика расчета усиления комбинированных стыков в крупнопанельных зданиях, основанная на теории сопротивления анизотропных материалов сжатию. Выявлены расчетные зоны, по которым может произойти разрушение.
4. Проведены многофакторные численные исследования, которые позволили установить характер изменения напряженно-деформированного состояния образцов с такими дефектами, как

непроектная толщина растворных швов (от 10 до 45 мм), смещение верхней стеновой панели ± 20 мм, поворот плиты перекрытия до 7° , а также их влияние на прочность и последовательность разрушения.

5. Экспериментальные исследования позволили установить степень влияния элементов усиления на несущую способность и последовательность разрушения стыка.
6. Предложены практические рекомендации по расчету параметров элементов усиления комбинированных стыков, позволяющие наиболее полно использовать их несущую способность при реконструкции и регулировать усиление комбинированных стыков в зависимости от величин действующих усилий.
7. Показана эффективность предлагаемых способов усиления и достоверность расчетных выражений путем сравнения результатов экспериментальных исследований с теоретической несущей способностью. Расхождение составляло 9 – 24%.
8. Разработан автоматизированный программный комплекс «КомСтык», позволяющий производить оценку прочности комбинированных стыков в крупнопанельных зданиях по нормативной литературе и теории сопротивления анизотропных материалов сжатию, а также выполнять расчет параметров элементов их усиления.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК:

1. Соколов Б.С., Седов А.Н. Изучение напряженно-деформированного состояния горизонтальных стыков панелей зданий для их усиления // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, Moscow, 2008. – С. 123-124.
2. Соколов Б.С., Седов А.Н. Экспериментальные исследования комбинированных стыков крупнопанельных зданий с учетом возможных отклонений при их возведении. // Известия КазГАСУ. Казань, 2009. – №1 – С. 129-134.

- 10-
3. Соколов Б.С., Седов А.Н. Теоретические основы расчета усиления комбинированных стыков крупнопанельных зданий. // Бетон и железобетон. – 2009. – №6 – С. 2-5.

В других изданиях:

4. Седов А.Н. Концепция реконструкции крупнопанельных жилых домов серий 90 и 121 в существующей застройке микрорайона. // Вузовская наука – России. Сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. Набережные Челны, 2005. – С. 302-304.
5. Седов А.Н. К решению проблем усиления комбинированных стыков крупнопанельных зданий при их реконструкции. // Сборник научных трудов студентов. КазГАСУ, 2006. – С. 121-124.
6. Соколов Б.С., Седов А.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния комбинированных стыков панелей крупнопанельных зданий для их усиления // Вестник РААСН Волжского регионального отделения, вып. 10. – Нижний Новгород, 2007. – С. 82-89.
7. Седов А.Н. Усиление горизонтальных стыков панелей крупнопанельных зданий. // Сборник научных трудов докторантов и аспирантов. Казань: КазГАСУ, 2008. – С. 30-34.
8. Соколов Б.С., Седов А.Н. О некоторых результатах испытаний усиленных комбинированных стыков крупнопанельных зданий. Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья: сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Тольятти, 2009. – С. 198-205.

Корректурa автора
Подписано в печать 26.11.09

Формат 60x84/16
Заказ № **691**

Печать RISO
Тираж 100 экз.

ПМО КазГАСУ, 420043, Казань, ул. Зеленая, 1